

**Barbora HRUBÁ<sup>1</sup>, Darja KUBEČKOVÁ<sup>2</sup>**

**VLIV UMÍSTĚNÍ VENTILÁTORU BLOWER DOORU NA VZDUCHOTĚSNOST  
OBÁLKY BUDOVY**

**THE INFLUENCE OF BLOWER DOOR FAN LOCATION ON THE AIRTIGHTNESS  
OF BUILDING ENVELOPE**

**Abstrakt**

Príspevok sa zaoberá na problematiku budov realizovaných v nízkoenergetickom štandarde, s tým súvisiacou problematikou vzduchotěsnosti obálky budovy a měření vzduchotěsnosti Blower Door testem (BD test). Soubor dat a naměřených hodnot dokazuje, že výsledné hodnoty měření ovlivňuje řada faktorů; jedním z nich je poloha rámu BD testu a jeho umístění v hodnocené místnosti. Problematika měření je dokumentována na příkladu rodinného domu, dřevostavby.

**Klíčová slova**

Budova, pasivní standard, vzduchotěsnost, vzduch, intenzita, výměna, Blower Door test, otvory, poloha.

**Abstract**

The contribution focused on the issue of the buildings realized in passive standard and related problems of air permeability of the building envelope and the measuring of air permeability by Blower Door test. The data set and measured values shows that the resulting measurement values are affected by many factors, one of them is the position of the frame BD and its location in the assessed room. The is of measurement is illustrated in the example of a house woodensue house.

**Keywords**

The building, passive standard, airtightness, air, intensity, exchange, Blower Door test, holes, location.

## **1 ÚVOD**

Požadavek vzduchotěsnosti pláště budov se objevuje výrazněji s nástupem výstavby nízkoenergetických domů na konci devadesátých let minulého století. Je převážně spojován s energetickou ztrátou domu ve spojitosti s větrným zatížením obalových konstrukcí [1]. Měření vzduchotěsnosti (průvzdušnosti) objektu neboli měření Blower Door by mělo být prováděno u všech budov, protože podává důležitou informaci o těsnosti obálky domu a tím i kvalitě celé stavby [2]. Během tohoto měření je také možno lokalizovat konkrétní defekty a netěsnosti budovy a následně je odstranit. Vzduchotěsnost obálky budovy je důležitá především z pohledu energetických vlastností budovy, kvality vnitřního prostředí a spolehlivosti stavebních konstrukcí. Tato problematika je v současné době řešena především v segmentu nízkoenergetických, pasivních a nulových budov.

---

<sup>1</sup> Ing. Barbora Hrubá, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 916 e-mail: barbora.hrub@vsb.cz.

<sup>2</sup> prof. Ing. Darja Kubečková, Ph.D., Děkanát, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 900 e-mail: darja.kubeckova@vsb.cz.

ČSN EN 13829 [3] rozlišuje dvě metody měření, které se vzájemně liší přípravou budovy před měřením.

Metoda A - měření budovy nebo prostoru v provozním stavu: před měřením se neprovádí žádná opatření, která by zlepšovala těsnost oproti běžně užívanému stavu. Tuto hodnotu lze použít pro účely stanovení skutečných ztrát objektu (včetně technologií) [4].

Metoda B - měření obálky budovy nebo prostoru: před měřením se uzavřou a utěsní všechny otvory, které nemají ovlivnit výsledky měření, obvykle se jedná o ventilátory, digestoře, komíny, sifony, prostupy do revizních šachet apod. Výsledná hodnota se používá pro hodnocení průvzdušnosti obálky domu [4].

V souvislosti s řešením vzduchotěsnosti obálky budovy je žádoucí zamyslet se nad lokalizací rámu s ventilátorem Blower Dooru a jeho vlivu na výslednou hodnotu průvzdušnosti  $n_{50}$ . Problematiku lze dokumentovat na příkladu měření obytné budovy, v pasivním standardu realizované v roce 2007 při platnosti ČSN 730540- 2 [5].

## 2 MĚŘENÍ PŘI POLOZE MĚŘÍCIHO ZAŘÍZENÍ VE VSTUPNÍCH DVEŘÍCH

V současné době platná ČSN EN 13829 Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda [3] nepředepisuje umístění rámu s ventilátorem. Všeobecně praktikovaný postup měření vzduchotěsnosti obálky budovy je ten, že se ventilátor Blower Dooru instaluje do rámu vstupních dveří, řádně utěsní, a následně proběhne samotný test. Z hlediska vzduchotěsnosti obálky budovy jsou právě vchodové dveře jedním z nejslabších článků, a to z důvodu bezpečnostního kování, které zvyšuje spárovou průvzdušnost. Při instalaci rámu měřícího zařízení dochází k dokonalému utěsnění otvoru, do kterého je instalován, a tím se eliminuje jeho netěsnost, což může mít za následek výrazné nadhodnocení výsledku měření.

Dispoziční řešení zásadně orientuje podélný trakt hlavního obytného prostoru do jižního průčelí, s rozsahem prosklení přes 30 %, a s krytím přesahem střechy přes 950 mm. Na severní stranu jsou orientovány vstupní, sociální a technické prostory, schodiště, volně navazující přístřešky pro auto a zahradní kolna. Prostor podkroví je rozčleněn do 3–4 ložnic, koupelny a šatny. Prosklení v podkroví v rozsahu 15–20 % plochy místností zajišťuje dostatečné denní osvětlení.

### 2.1 Stavebně – energetické řešení objektu [5]

Přízemní část vytváří soustava sloupků v rozteči 1,5 až 3 m uložených na základovém prahu, ve zhlaví spojených soustavou podélných lepených průvlaků a příčných ztužidel. Prostorové ztužení zajišťují nárožní diagonální ztužidla. Vzájemné stykování všech prvků je řešeno styčnickovými deskami a kotvami systému BOVA a hřebíkovými spoji typu KH. Podkrovní a střešní část objektu tvoří velkorozponové staveništní vazníky, jejichž spodní pásnice jako spojitý nosník vytváří přímo stropy přízemí. Tento bezvaznicový hambalkový systém zcela uvolňuje celý prostor podkroví bez jakýchkoliv podpor, pro dosažení zcela variabilní dispozice. Podélné ztužení krovové soustavy vazníků zajišťují diagonální zavětrovací kříže ve spodním líci krokví.

Obvodové stěny tl. 400 mm jsou sestaveny ze dvou samostatných nenosných plášťů se skládanou výplní desek minerální vlny ROCKMIN. Venkovní plášť je řešen tenkovrstvou omítkou na fasádní izolaci FASROCK. Vnitřní plášť je řešen vzájemně lepenými sádrovláknitými deskami FERMACELL tl. 12,5 mm na laťový rošt s instalačním prostorem. Parotěsná vrstva z folie JUTAFOL N je důsledně lepená ve spojih butylkaučukovými páskami a zajištěna latěmi.

Užitná plocha základní velikosti domu  $9,60 \times 8,60$  m je  $132 \text{ m}^2$  (plus  $39 \text{ m}^2$  pochůzí půda), obestavěný prostor celkem  $513 \text{ m}^2$ . Objemový faktor tvaru  $A/V = 0,57$ .



Obr. 1, 2: Fotodokumentace měřeného objektu

## 2.2 Technické zařízení [5]

Teplovzdušné vytápění, větrání a chlazení zajišťuje dvouzónový systém rekuperační jednotky Duplex RB s napojením na zemní cirkulační výměník tepla, a s rozvodem ohřátého vzduchu nad krbovými kamny do celého objektu. Podlahové kanály v plochém provedení jsou vyústěny pod okny podlahovými vyústkami. Potrubní VZT rozvody jsou pak většinou vedeny v prostoru stropů a centrálně vyústěny v technické místnosti.

Je zde použit integrovaný zásobník tepla IZT 615 (615 l), do kterého je napojen solární okruh a okruh krbových kamen na kusové dřevo s teplovodní vložkou. Topná voda z IZT 615 ohřívá teplovodní registr větrací jednotky a otopné žebříky v koupelnách. Výstup průtočně ohříváné teplé vody je napojen přímo do sociálních zařízení a dále přes termostatický ventil do myčky nádobí a pračky, kde zajišťuje až 60% úsporu přímotopné elektrické energie.

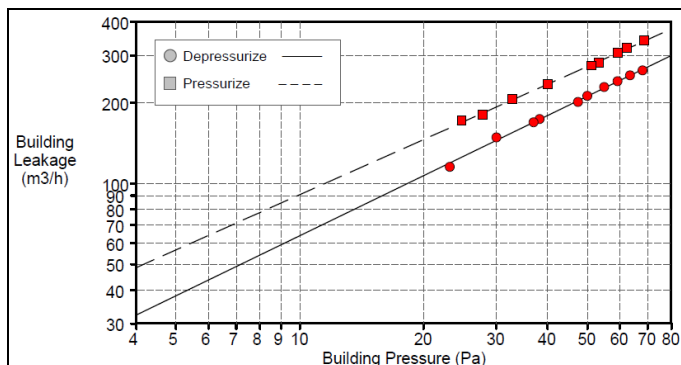
Solární termické panely (cca. 6m<sup>2</sup>) jsou na sedlové střeše uspořádány do svislých pásů, čímž se v podhorské oblasti s vyšší pokrývkou sněhu výrazně omezuje tvorba spodní ledové krusty a následná trvalá sněhová vrstva na horizontálních kolektorech. Na střeše školicího střediska je instalován fotovoltaický systém s výkonem 8,5 kWp s distribucí do veřejné sítě.

## 2.3 Naměřené hodnoty

Všechna komparativní měření byla prováděna za stejných okrajových podmínek viz obr. 1. V rámci výzkumu byla řešena netěsnost obvodového pláště objektu, proto byla pro měření zvolena dle ČSN EN 13829 metoda B (viz kap. 1).

Inside Temperature:	20 °C	Volume:	326 m3
Outside Temperature:	-6 °C	Surface Area:	293 m2
Barometric Pressure:	101325 Pa	Floor Area:	136 m2
Wind Class:	2 Light Breeze	Uncertainty of	
Building Wind Exposure:	Partly Exposed Building	Building Dimensions:	3 %
Type of Heating:	Teplovzdušné vytápění s rek	Year of Construction:	2007
Type of Air Conditioning:	Atrea		
Type of Ventilation:	None		

Obr. 3: Okrajové podmínky – výstup softwaru Tectite express



Obr. 4: Regresní přímka – výstup softwaru Tectite express

Výše uvedený graf znázorňuje únik vzduchu z budovy v m³/h v závislosti na tlaku uvnitř budovy. Jednotlivé body reprezentují průměr ze sta odečtených hodnot – sto vzorků. Body, v grafu znázorněné čtverci (Pressurize) reprezentují hodnoty získané přetlakovou zkouškou, body, znázorněné v grafu kruhy, pak hodnoty získané zkouškou podtlakovou. Na následujícím obrázku je vyhodnocení měření, kde nás zajímá především hodnota  $n_{50}$ , což je doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa.

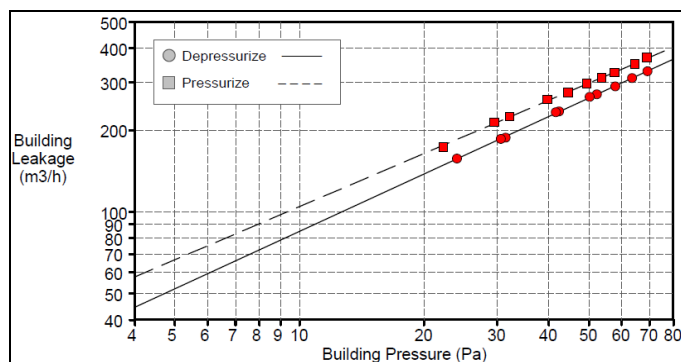
Test Results at 50 Pascals:	Depressurization	Pressurization	Average
V50: Airflow (m³/h)	213 ( +/- 0.4 %)	273 ( +/- 0.3 %)	243
n50: Air Changes per Hour (1/h)	0.65	0.84	0.74
w50: m³/hm² Floor Area	1.56	2.01	1.78
q50: m³/hm² Surface Area	0.73	0.93	0.83

Obr. 5: Výsledky měření – rám ve vchodových dveřích – výstup softwaru Tectite express

### 3 MĚŘENÍ PŘI POLOZE MĚŘÍCIHO ZAŘÍZENÍ V BALKÓNOVÝCH DVEŘÍCH

Druhé měření bylo koncipováno tak, že byl ventilátor umístěn do balkonových dveří, pro zjištění vlivu vchodových dveří na celkovou bilanci objektu. Vchodové dveře jsou v zásadě méně těsné než dveře balkonové, zvláště pokud nejsou zamčené. To je dáno především nízkým prahem dveří a bezpečnostním kováním. Dle ČSN 73 4301 – Obytné budovy [6] se vstupní dveře z hlediska bezpečnosti a požární prevence navrhují otvíravé dovnitř, to znamená, že předpokládaná hodnota  $n_{50}$  bude v případě podtlakové zkoušky výrazně odlišná od  $n_{50}$  při podtlaku v případě zařízení ve vchodových dveřích. Hodnota  $n_{50}$  u tlakové zkoušky v obou případech se nebude lišit tak výrazně.

#### 3.1 Naměřené hodnoty



Obr. 6: Regresní přímka – výstup softwaru Tectite express

	Depressurization	Pressurization	Average
<b>Test Results at 50 Pascals:</b>			
V50: Airflow (m3/h)	264 ( +/- 0.2 %)	298 ( +/- 0.2 %)	281
n50: Air Changes per Hour (1/h)	0.81	0.91	0.86
w50: m3/hm2 Floor Area	1.94	2.19	2.07
q50: m3/hm2 Surface Area	0.90	1.02	0.96

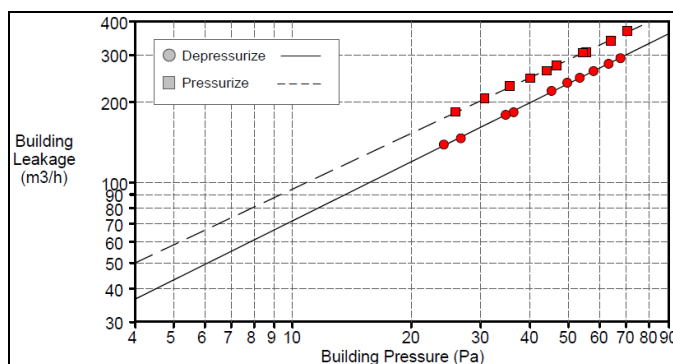
Obr. 7: Výsledky měření - rám v balkónových dveřích – výstup softwaru Tectite express

## 4 MĚŘENÍ PŘI POLOZE MĚŘICÍHO ZAŘÍZENÍ V BALKÓNOVÝCH DVEŘÍCH

### – VSTUPNÍ DVEŘE ZAMČENY

Ve třetím měření byly vchodové dveře zamčeny. Při zamčení dojde k přitažení dveří do těsnění rámu a dveře jsou těsnější. V tomto případě se výsledky měření přiblížily prvnímu měření s umístěním ventilátoru ve vchodových dveřích.

#### 4.1 Naměřené hodnoty



Obr. 8: Regresní přímka – výstup softwaru Tectite express

	Depressurization	Pressurization	Average
<b>Test Results at 50 Pascals:</b>			
V50: Airflow (m3/h)	235 ( +/- 0.2 %)	288 ( +/- 0.2 %)	261
n50: Air Changes per Hour (1/h)	0.72	0.88	0.80
w50: m3/hm2 Floor Area	1.73	2.11	1.92
q50: m3/hm2 Surface Area	0.80	0.98	0.89

Obr. 9: Výsledky měření - rám v balkónových dveřích – poloha zamčeno – výstup softwaru Tectite express

## 5 ZÁVĚR

Tab. 1.: Výsledky měření. Zdroj: Vlastní zpracování

Umístění ventilátoru Blower Dooru	Hodnota $n_{50}$ [ $h^{-1}$ ]
ve vstupních dveřích	0,74
v balkónových dveřích – vstupní dveře zamčeny	0,80
– vstupní dveře odemčeny	0,86

Na základě výsledného souboru naměřených dat byla potvrzena původní hypotéza o nadhodnocení nebo podhodnocení konstrukce z hlediska vzduchotěsnosti vlivem umístění ventilátoru měřicího zařízení. Z Tab. 1 je patrné, že hodnoty při různých polohách rámu s ventilátorem jsou výrazně odlišné. Obecně nejrozsáhlejší postup měření, kdy je rám instalován do

vstupních dveří, nadhodnotí konstrukci v porovnání s měřením s ventilátorem umístěným ve dveřích balkonových s variantou zamčených vstupních  $0,12 \text{ h}^{-1}$ , což je 14%.

## PODĚKOVÁNÍ

Príspevek bol vytvorený členy výzkumné skupiny katedry pozemního stavitelství a katedry prostředí staveb a TZB v rámci projektu CZ.1.07/2.3.00/20.0013 - „Tvorba a internacionalizace špičkových týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB – TUO“ za podpory projektu CZ.1.07/2.2.00/15.0125 – „Inovace a modernizace studijního oboru Prostředí staveb“.

Príspevek bol také realizovaný za laskavé podpory projektového manažera firmy Atrea s r. o. pana Ing. Zdenka Zikána, který umožnil měření v prostorách komplexu pasivních domů v Koberovech.

## LITERATURA

- [1] PALEČEK, S. *Zkušenosti a techniky dosahování vzduchotěsnosti pláště budov v ČR*. Sborník konference Pasivní domy 2011, Bratislava, 2007. [cit. 2012-09-3].
- [2] KUBEČKOVÁ SKULINOVÁ, D., HRUBÁ, B., ČERNÍKOVÁ, M., BAŽUROVÁ, S., LABUDEK, J. *Měření průvzdušnosti laboratoria Žilinské univerzity*. In Structura 2011. Ostrava : FAST VŠB-TU Ostrava, ISBN 978-80-248-2521-2. [cit. 2012-09-3].
- [3] ČSN EN 13 829 *Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2001. 28 s.
- [4] SKŘIPSKÝ J., ZWIENER V. *Vzduchotěsnost dřevostaveb v souvislostech*. Časopis DEKTIME 02/2010, s. 16–23, DEK a.s., Praha 2010 ([www.dektime.cz](http://www.dektime.cz)) [cit. 2012-09-3].
- [5] MORÁVEK, P. *Obytný soubor pasivních domů Koberovy*. [online]. 2011. [cit. 2012-11-1]. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/7057-obytny-soubor-pasivnich-domu-koberovy>
- [6] ČSN 73 4301 *Obytné budovy*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 24 s.
- [7] ČSN 730540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 56 s.
- [8] Kolektiv autorů. *Nízkoenergetické a pasivní domy – návrh a realizace*. Verlag dashöfer, nakladatelství, spol. s r.o., 2009, 816 s.
- [9] SHERMAN, M. H. *Air change rate and airtightness in buildings*. Publisher ASTM INTL, 1990, 310 S. ISBN-10: 0803114516, ISBN-13: 978-0803114517
- [10] NOVÁK, J. *Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov*. Nakladatelství Grada, 2008, 203 s., ISBN 978-80-247-1953-5
- [11] ZWIENER, V., HŮLKA C. *Měření těsnosti budov - Metoda tlakového spádu - Blower-Door test*, Časopis DEKTIME 05-06/2006, s. 62-65, DEK a.s., Praha 2006 ([www.dektime.cz](http://www.dektime.cz))
- [12] TYWONIAK, J. *Pasivní domy, energeticky nulové domy a primární energie*. Sborník konference Pasivní domy 2006, Brno, 2006
- [13] NOVÁK J. *Měření průvzdušnosti budov v ČR - výsledky a zkušenosti*. Sborník konference Pasivní domy 2006, Brno, 2006
- [14] TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické a pasivní domy v ČR - bariéry a šance*. Sborník konference Pasivní domy 2007, Brno, 2007

## Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. Dušan Katunský, CSc., Katedra architektúry a konštrukcií budov, TU v Košiciach.

Doc. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Katedra pozemného stavitel'stva a urbanizmu, Stavebná fakulta, ŽU v Žiline.